



Ph.D. ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Leskó Kornélia Ilona

Búzanövények biológiailag aktív komponenseinek változása kadmium-stressz hatására

Simonné Dr. habil Sarkadi Livia
egyetemi docens
témavezető

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszék
Budapest

2005

Bevezetés és célkitűzés

A búza (*Triticum aestivum* L.) népelelmzési szempontból kiemelkedő fontosságú gabonaféle, mivel a belőle készülő kenyér, liszt és tésztaféleségek alapélelmiszerek. Kiemelkedő jelentőségét mutatja az is, hogy a világ gabonatermesztésének legnagyobb hányadát a búza adja. Hazánkban a búza a gabonafélék között szintén az első helyen áll. A 2001. évi statisztikai adatok szerint 1,2 millió hektár termőterületről 138,9 milliárd Ft bruttó termelési értékű búzát takarítottunk be, melyből 42,9 milliárd Ft értékű exportot bonyolított Magyarország.

A mezőgazdasági termelésben évről évre szembesülnek azzal a problémával, hogy a környezeti stresszhatások, mint például a szárazság, a hőmérsékleti ingadozások, a szikesedés és a nehézfémek kedvezőtlenül befolyásolják a termés minőségét és hozamát. A termésbiztonságot veszélyeztető természeti stresszhatások mellett egyre inkább előtérbe kerülnek az antropogén faktorok. Környezetünk az ember ipari, bányászati, mezőgazdasági tevékenysége és a közlekedés erősödése következtében nagymértékben szennyeződik toxikus nehézfémekkel. Magyarországon az autópályahálózat bővítése és az ipari hulladékok, szennyvíziszapok elhelyezése jelenthet fokozottabb kockázatot. A természetes állapotú, nem szennyezett talajban a talajképző kőzetből származó geokémiai szennyezőanyagként fordul elő a toxikus fémek döntő hányada. Hazai talajaink Cd tartalma általában 0,2 mg/kg alatt van, de kisebb területeken eléri, illetve meghaladja a 0,6 mg/kg-ot is, a megengedhető érték a talajban 1-3 mg/kg Cd, a kötöttség függvényében.

A légszennyező gázok miatt kialakult savas esők és az ezek hatására egyre savasabbá váló talajok kedveznek a nehézfémek kioldódásának, melyek a növényeken keresztül könnyen a táplálékláncba kerülhetnek, súlyosan károsíthatják az élő szervezeteket és az ember egészségét is. Az egyik legtoxikusabb nehézfém a kadmium, melyet a gabonafélék sokszor a szemben (korpában) halmoznak fel. Káros hatásának kivédéséhez és csökkentéséhez elengedhetetlen a kadmium és a növények kapcsolatának minél pontosabb megismerése.

Kadmium-stressz hatására felhalmozódnak a kis molekulatömegű szerves molekulák, mint például a szabad aminosavak és a poliaminok. A prolin fontos szerephez jut az ozmózisegyensúly helyreállításában, így kiváló indikátora a növényeket ért különböző stresszhatásoknak. A kadmium aktiválja a növények enzimikus és nem enzimikus antioxidáns védekezőrendszerét is, ami a szabad

gyökök eliminálásában részt vevő stresszenzimek és fenolos vegyületek változásaival nyomon követhető.

Munkám célja eltérő szárazságtűrésű búzafajták (*Triticum aestivum* L.) kadmium okozta stresszre adott válaszreakcióinak összehasonlítása volt fontosabb biológiailag aktív molekuláik alapján. Kísérleteim során arra kerestem a választ, hogy a kiválasztott genotípusok megkülönböztethetőek-e igen alacsony, illetve extrém magas Cd-koncentrációkra adott válaszreakcióik alapján. Az ellenőrzött körülmények között vízkultúrában nevelt búzanövények fontosabb növekedési jellemzői (levél és gyökér hossza, tömege, szárazanyag-tartalma) és biokémiai paraméterei (szabad aminosavak, poliaminok, stresszenzimek, összes fenol és kémiai elemek) szolgáltatták az összehasonlítás alapját. A modellkísérlethez választott *Triticum aestivum* L. cv. Chinese Spring és Cappelle Desprez búzafajták eltérő szárazságtűrését az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében korábban végzett *in vivo* és *in vitro* kísérletekkel bizonyították.

Anyagok és módszerek

A növényi minták

Triticum aestivum L. búzafajták: Chinese Spring mérsékelten szárazságtűrő és Cappelle Desprez szárazság-érzékeny.

A növényeket csírázás után (25°C, 4 nap) 4 hétig neveltem feles koncentrációjú, módosított Hoagland-tápoldatban, fitotronban (PGV-36 kamra, Convicon, Winnipeg, Kanada) kora tavaszi programon, 10/14°C (éjszaka/nappal) hőmérséklet, 76-68 % relatív páratartalom és 16 órás megvilágítás (max. 270 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mellett. Az 5-6. héten a hőmérsékletet 13/17°C-ra (éjszaka/nappal) emeltem.

Az 5. héten 10^{-7} M és 10^{-3} M kadmium(II)-acetátot tartalmazó tápoldatban 7 napig nehézfém-stressznek tettem ki a növényeket. A stressz-kezelést egy 7 napos regenerációs szakasz követte: a növényeket kontroll tápoldatba tettem át, amely nem tartalmazott kadmiumot. A kontroll növények a kísérlet során azonos körülmények között növekedtek, de kadmiumkezelés nélkül.

Mintavétel a 7 napos kezelés és a 7 napos regeneráció után történt (a kontrollból a kezelést megelőzően is). Mintavételkor egy-egy edényben nevelt 15 növény gyökerét és leveleit külön-külön feldolgozva (a bokrosodási csomó kivételével), aprítás után kaptam homogén mintát, a további analízisekhez ebből történtek a párhuzamos mintavételek.

A növekedési jellemzők meghatározása

A hossz, friss tömeg, száraz tömeg, szárazanyag-tartalom meghatározása szabványos módszerekkel történt.

A szabad aminosavak meghatározása

A szabad aminosavakat 7 %-os perklórsavas extrakcióval vontam ki a növényekből. Meghatározásuk szűrés után ioncserés folyadékkromatográfiával történt, Biotronik LC3000 (Németország) automatikus aminosav analizátorral, oszlop utáni ninhidrin-származék képzéssel.

A poliaminok meghatározása

A poliaminok danzil-származékait OPLC (túlnyomásos vékonyréteg kromatográfia) eljárással választottam el, Personal OPLC BS 50 típusú (OPLC-NIT Kft., Magyarország) automatikus kromatográfias készülékkel, túlfuttatással és lépcsős gradiens elúcióval. A réteglapok kifejlesztése két eluenssel történt – az A eluens összetétele n-hexán–n-butanol–trietilamin = 90 + 10 + 9,1 (V/V%), a B eluens összetétele n-hexán–n-butanol = 8 + 2 (V/V%) volt (Sigma-Aldrich, Németország). A danzil-aminok off-line kvantitatív értékelését fluoreszcens denzitometriával végeztem Camag (Muttensz, Svájc) TLC Scanner3 denzitométer és CATS 4 (V 4.05) szoftver segítségével.

A stresszenzimek aktivitásának meghatározása

Növényi sejtmentes szövetkivonat készítése

A növényi szövetek sejtmentes extraktumát Pandolfini és mtsai. (1992) módszere alapján készítettem. Mindhárom enzim (gvajakol-peroxidáz, aszkorbát-peroxidáz és glutation-reduktáz) aktivitásának meghatározása a szövetkivonatokból centrifugálás után (10000× g, 30 perc, 4 °C) történt. A méréseket Varian DMS 100S UV/VIS spektrofotométeren, kinetikai elv alapján végeztem.

Gvajakol-peroxidáz (EC 1.11.1.7)

A gvajakol szubsztrátból keletkező tetragvajakol termék keletkezését a 470 nm hullámhossznál bekövetkező ($\epsilon = 26,6 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) abszorbancia-változás követésével határoztam meg Chance és Maehly (1955) módosított módszere alapján.

Aszkorbinsav-peroxidáz (EC 1.11.1.11)

Az aszkorbinsav szubsztrát enzimkatalizálta oxidációját a 290 nm hullámhossznál ($\epsilon = 2,8 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) történő abszorbancia-változás követésével mértem (Nakano és Asada, 1981).

Glutation-reduktáz (EC 1.8.1.7)

Az oxidált glutationt a glutation-reduktáz NADPH felhasználásával redukálja, s az így keletkezett redukált glutation tiol-csoportjai diszulfid kötést létesítenek a 2-nitro-5-tiobenzóát-anionnal, mely a 412 nm-en ($\epsilon = 14,15 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) mért fényelnyeléssel követhető (Smith és mtsai., 1988).

Az összes fenoltartalom meghatározása

A galluszsavra vonatkoztatott összes fenoltartalmat spektrofotometriás úton (Varian DMS 100S UV/VIS) $\lambda = 760 \text{ nm}$ -en Singleton és Rossi (1965) módszere alapján határoztam meg.

A kémiai elemtartalom meghatározása

A minták koncentrált salétromsavas és hidrogén-peroxidos roncsolását követően az elemtartalom meghatározás induktív csatolású plama-atomemissziós spektroszkópiával történt, ICP-AES Thermo Jarrel Ash ICAP 61 (Thermo Jarrel Ash Corp., Franklin, MA, USA) berendezés segítségével.

Az alkalmazott statisztikai módszerek

Az eredmények statisztikai értékelése STATISTICA 6.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) és SPSS for Windows 11.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) programokkal történt. A fő elemzési módszer a varianciaanalízis (ANOVA) volt. Emellett Duncan tesztet és korrelációanalízist végeztem az eredmények értékelésére.

Új tudományos eredmények

1. A modellkísérlethez választott eltérő szárazságtűrésű búzafajták [*Triticum aestivum* L. cv. Chinese Spring (mérsékelt toleráns) és Cappelle Desprez (érzékeny)] kadmium-kezelésre adott válaszreakcióit elsőként tanulmányoztam. Megállapítottam, hogy a szárazsággal szemben ellenállóbb búzafajta kadmiummal szemben is nagyobb tűrőképességgel rendelkezik, s e kereszttolerancia háttérében meghatározó szerep jut a növények biológiailag aktív komponenseinek.
2. A növekedési jellemzők alapján megállapítottam, hogy a kadmiumkezelés a búzanövények növekedésének csökkenéséhez és sárgulásához vezetett. A kadmiumkezelés hatására a biomassa csökkenését tapasztaltam, amit a friss tömegre és a száraz tömegre kapott eredmények is megerősítettek. A szárazanyag-tartalom mindkét fajtában szignifikánsan növekedett a nagyobb Cd-koncentrációnál.
3. A szabad aminosavakra vonatkozó eredményeim alapján megállapítottam, hogy szárazságtűrésükben eltérő búzafajták szignifikánsan különböznek a kadmiumkezelésre adott válaszreakcióik alapján. Az összes szabad aminosav-tartalom (ÖAS) mellett, a stressz-jelzőként jól ismert prolin (Pro) is alkalmasnak bizonyult a két eltérő szárazságtűrésű búzafajta megkülönböztetésére.

A 10^{-3} M Cd-kezelés a Chinese Spring (CS) levelében ($1,6\times$) és gyökerében ($1,5\times$) is megemelte az ÖAS koncentrációt a kontrollhoz viszonyítva és a regeneráció során további $1,5\times$ -es növekedés következett be mindkét növényi részben. Ezzel szemben a Cappelle Desprez (CD) jobban reagált az enyhébb Cd-stresszre (10^{-7} M): a levelekben $1,3\times$ -esére, a gyökerekben $1,6\times$ -esére növekedett az ÖAS-tartalom a kontrollhoz képest, majd a regenerációs szakaszban az ÖAS koncentráció visszacsökkent a kontroll szintjére.

A nagyobb Cd-koncentrációnál a CS 61-szer több prolint halmozott fel a levelekben, mint a CD a regenerációs szakaszban. A levelek Glu/Pro aránya jellegzetes különbséget mutatott a két genotípusban. A Glu aránya kevesebb, mint felére csökkent, míg a proliné 3-szorosára növekedett a CS-ben, míg a CD-ben a

Glu aránya 12%-kal növekedett és a proliné az 1/3-ára csökkent a magasabb kadmium-koncentrációnál a regenerációs szakaszt követően a kontrollhoz képest. A GABA és a Glu arányát összehasonlítva a gyökerekben azt találtam, hogy a CS főleg GABA-t akkumulált, míg a CD-ben leginkább Glu halmozódott fel a kadmium-kezelés következtében.

4. A poliaminokra vonatkozó eredmények alapján megállapítottam, hogy a levelek putreszcin-tartalma valamint a levelek és gyökerek spermidin-tartalma alapján a fajták megkülönböztethetők voltak. Az érzékeny fajta (CD) levelében a Put-szint a Cd koncentrációval párhuzamosan nőtt (2-3×), míg a mérsékelt toleráns fajtában (CS) nem változott. A Spd-tartalom változása a levelekben és a gyökerekben hasonló tendenciát mutatott. Az érzékenyebb fajta magasabb kontroll Spd-szintje a 10^{-7} M Cd-stressz hatására szignifikánsan csökkent (kb. 1/3-ára), a 10^{-3} M Cd-kezelés hatására pedig az előzőnél kisebb mértékben csökkent (kb. 2/3-ára). Ezzel szemben a CS alacsony kezdeti Spd-szintje a 10^{-3} M Cd-kezelés hatására kb. 3-6-szorosára növekedett.
5. Megállapítottam, hogy a 10^{-3} M Cd-stressz következtében az antioxidáns védekezőrendszer (POD, APX, GR, fenolos vegyületek) indukciója következett be az oxidatív károsodás kiküszöbölésének érdekében. A mérsékleten toleráns fajta sokkal hatékonyabban vett részt az aktív oxigénformák semlegesítésében, mint az érzékeny.

A gvajakol-peroxidáz (POD) enzim aktivitása mindkét fajta levelében szignifikánsan emelkedett a 10^{-3} M Cd-kezelésnél, az érzékenyebb fajtában nagyobb mértékben (CS: 2,4×, CD: 3,4×). A gyökerekben mindkét fajtában csökkent a POD aktivitása a 10^{-3} M CD-stresszt követően, mégpedig a CS-ben nagyobb mértékben (CS: 0,5×, CD: 0,8×). A gyökerek Cd-stresszre adott válasza a 7 napos kezelést követően már feltehetően lecsengőben volt, ezzel szemben a később reagáló levélben az aktivitásemelkedés jól mutatta az oxidatív stresszel szembeni válaszreakció kezdeti szakaszát.

Az aszkorbát-peroxidáz (APX) a levélben és a gyökérben is a POD levélben tapasztalt aktivitásváltozásához hasonló tendenciát mutatott. A glutation-reduktáz (GR) aktivitása az APX-hez hasonlóan változott, bár szignifikáns változást nem

lehetett kimutatni. Az összes fenoltartalom a 10^{-7} M Cd-kezelés hatására a Cappelle Desprez levelében szignifikánsan csökkent ($0,7\times$) a kontrollhoz képest, míg a 10^{-3} M kadmium-kezelés hatására mindkét fajtában, a levélben és a gyökérben egyaránt jelentősen nőtt (levélben CS: $1,7\times$, CD: $1,2\times$; gyökérben CS: $1,4\times$, CD: $1,9\times$).

6. A növények kadmium-tartalmára vonatkozóan megállapítottam, hogy a gyökerek kadmium-tartalma egy nagyságrenddel meghaladta a levelekét. A szárazságra érzékeny fajta kadmium-tartalma minden esetben magasabb volt, mint a mérsékelt toleránsé. A gyökerek kadmium-tartalma a kadmium kezelések hatására szignifikánsan növekedett a kontrollhoz képest, az alkalmazott Cd koncentrációval egyenes arányban. A regenerációs szakaszban a Cappelle Desprez leveleinek Cd tartalma emelkedett a stressz-kezelést követő állapothoz képest, ugyanakkor a mérsékelt toleráns fajta levelében csak a kisebb Cd koncentrációnál tapasztaltam növekedést, a nagyobb koncentrációnál csökkenés következett be. A búzanövényeknek a nagyobb Cd-koncentrációnál mért kadmium-tartalma nagyságrendekkel meghaladta a 3 mg/kg-os határértéket, mely a növényekben a toxicitási tünetek megjelenéséig felhalmozható Cd-tartalmat jelenti.

Az eredmények gyakorlati alkalmazásának lehetőségei

A vizsgált *Triticum aestivum* L. cv. Chinese Spring és Cappelle Desprez tesztnövények szárazságtűrésével kapcsolatos információkat jól kiegészítik a genotípusok fémtűrő képességére vonatkozóan a kadmium okozta stresszre kapott eredmények. Más fémek (pl. réz) mellett, a kadmium esetében is eltérő tűrőképességet mutattak a vizsgált fajták: a szárazságtűrőbb Chinese Spring a fémtoxicitást is jobban elviseli. A két genotípus szubsztitúciós vonalainak felhasználásával meghatározhatók a fémtoleranciában szerepet játszó kromoszómák, és az eredmények felhasználhatók a fémtolerancia mechanizmusának jobb megértéséhez, ami elvezethet az ebben szerephez jutó génekhez is. Távlati cél lehet a fémtoleráns növények fitoremediációban történő felhasználása kadmiumtranszporter bevitelével, amellyel fokozható a hajtásokba történő fémfelvétel, hasonlóan az árpában már működő cinktranszporterhez.

Felhasznált irodalom:

- Chance, B., Maehly, A.C. (1955): Assay of catalases and peroxidases. *Methods Enzymol.*, **2**, 764-817.
- Nakano, Y., Asada, K. (1981): Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.*, **22**, 867-880.
- Pandolfini, T., Gabrielli, R., Comparini, C. (1992): Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of *Triticum aestivum* L. *Plant Cell Envir.* **15**, 719-725.
- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, **16**, 144-158.
- Smith, I.K., Vierheller, T.L., Thorne, C.A. (1988): Assay of glutathione reductase in crude tissue homogenates using 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid). *Anal. Biochem.*, **175**, 408-413.

A témával kapcsolatban megjelent közlemények:

1. Hegedűs, A., **Leskó, K.**, Vajda, K., Tóth, E., Simon-Sarkadi, L., Stefanovits-Bányai, É., Pais, I. (2003): Titán-aszkorbát hatása a kadmiumkezelt árpa (*Hordeum vulgare* L.) csíranövények antioxidáns védekező rendszerére (Effect of titanium on the antioxidant defense system of cadmium treated barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.) In: *Mikroelemek a táplálékláncban (Trace Elements in the Food Chain) Konferenciakötet, Szerk.: (Eds.) Simon, L., Szilágyi, M., Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, pp.107-115., ISBN:963 9385 81*
2. Stefanovits-Bányai, É., Kerepesi, I., Sárdi, É., Simon-Sarkadi, L., **Leskó, K.**, Hegedűs, A., Pais, I. (2003): A titán-aszkorbát hatása a kadmium stressz okozta biokémiai változásokra búza (*Triticum aestivum* L.) csíranövényekben (Effect of titanium-ascorbate on biochemical changes of wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) during cadmium stress) In: *Mikroelemek a táplálékláncban (Trace Elements in the Food Chain) Konferenciakötet, Szerk.: (Eds.) Simon, L., Szilágyi, M., Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, pp.203-212., ISBN:963 9385 81*
3. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais, L. Simon-Sarkadi (2002): Effect of cadmium and titanium-ascorbate stress on biological active compounds in wheat seedlings. *J. Plant Nutr.*, **25**, (11) pp. 2571-2581. IF 0,543
4. **Leskó, K.**, L. Simon-Sarkadi, É. Stefanovits-Bányai, Z. Végh, G. Galiba (2004): OPLC analysis of the polyamines in wheat seedlings under cadmium stress, *Journal of Planar Chromatography*, **17**, 435-437. IF 0,879 (2003)
5. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, L. Simon-Sarkadi (2002): Effect of cadmium and magnesium on free amino acids, polyamines and peroxidase enzyme activity in wheat seedlings. *Cereal Research Communications*, **30**, (Nos. 1-2) pp. 103-110. IF 0,235
6. **Leskó, K.**, Simon-Sarkadi, L. (2002): Effect of Cadmium Stress on Amino acid and Polyamine Content of Wheat Seedlings. *Periodica Polytechnica. Chemical Engineering*, **46**, (1-2) pp.65-71.
7. **Leskó, K.**, Stefanovits-Bányai É., Pais I., Simon-Sarkadi L. (2001): Kadmium és titán-aszkorbát okozta stressz hatása a búzanövények biológiailag aktív komponenseire. *Növénytermelés, Tom. 50. No. 1.* pp. 71-81. IF 0,274
8. **Leskó, K.**, Stefanovits-Bányai, É., Simon-Sarkadi, L. (2002): Effect of magnesium on free amino acid and polyamine content in wheat seedling exposed to cadmium stress. 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, *Acta Biologica*

- Szegediensis, Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, Szeged, 2002. June 24-27. **46**, (3-4), pp. 109-111. IF 0,282
9. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais, L. Simon-Sarkadi (2001): Change of free amino acids and peroxidase activity by cadmium and titanium ascorbate treatments on wheat seedlings. In: Proceedings of the 9th International Trace Elements Symposium "on New perspectives in the research of hardly known trace elements and the importance of the interdisciplinary cooperation", Budapest, 2000. Aug. 31.-Sept. 2. (Ed. by Prof. Dr. Istvan Pais) pp. 173-181.
 10. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais, L. Simon-Sarkadi (2000): Effect of cadmium and titanium-ascorbate on polyamine content of wheat seedlings. In: Proceedings of the 20. Arbeitstagung Mengen- und Spuren-Elemente, Friedrich-Schiller-Universität, Jena, 2000. Dec. 1-2. (Ed. by Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Anke) pp. 819-824.
 11. Stefanovits-Bányai, É., L. Simon-Sarkadi, **K. Leskó**, I. Kerepesi, É. Sárdi and I. Pais (2001): Effects of titanium-ascorbate on heavy metal induced stress-effects in plants. In Proceedings book of the 3rd International Symposium on trace elements in human: New perspectives. (Ed. by Dr. S. Pollet) Athens (Greece), 2001. Oct. 4-6. pp. 139-148. (előadás)
 12. Simon-Sarkadi, L., G. Kocsy, **K. Leskó**, Á. Várhegyi, Z. Végh (2003): Investigation of the effect of drought stress on polyamine accumulation in soybean by OPLC. In Proceedings of the International Symposium on Planar Separations, Planar Chromatography 2003, (Ed. by Sz. Nyiredy) Budapest (Hungary), 2003. June 21-23. pp. 415-421. (poszter)
 13. **Leskó K.**, Hegedűs A., Stefanovitsné Bányai É., Simonné Sarkadi L., Galiba G. (2004) Antioxidáns enzimek aktivitásváltozása eltérő szárazságtűrésű búzánövényekben kadmiumstressz hatására, Proceedings of the 11th Symposium on Analytical and Environmental Problems (ISBN 963 217 147 0), SZAB, Szeged, Hungary (Ed. Zoltán Galbács), 2004. szeptember 27. pp. 96-100.

A témával kapcsolatos előadások:

1. Stefanovits-Bányai, É., L. Simon-Sarkadi, **K. Leskó**, I. Kerepesi, É. Sárdi and I. Pais (2001): Effects of titanium-ascorbate on heavy metal induced stress-effects in plants. Abstracts of the 3rd International Symposium on trace elements in human: New perspectives. Athens (Greece), 2001. Oct. 4-6. 17-18. (orális)
2. **Leskó, K.** (2000): A nehézfém stressz vizsgálata búzánövényeken. Tudományos Diákköri Konferencia, BME Vegyészmérnöki Kar, Budapest, 2000. nov. 10. (orális)
3. Stefanovits-Bányai, É., **Leskó, K.**, Simon-Sarkadi, L. (2002): A magnézium szerepe a kadmium okozta stressz csökkentésére búza növényekben. A Magyar Magnézium Társaság előadói ülése, Budapest, 2002. október 16. (orális)
4. Simonné Sarkadi L., **Leskó K.**, Stefanovits-Bányai É. (2003): A nehézfémek okozta stressz hatása a búzánövény biológiailag aktív komponenseire. KÉKI Kollokvium, Budapest, 2003. november 14. (orális)
5. **Leskó K.**, Simonné Sarkadi L. (2003): A nehézfémstressz vizsgálata búzánövényekben. MKE Analitikai Szakosztályának Szerves Analitikai Szakcsoportjának előadóülése, Budapest, 2003. november 25. (orális)
6. **Leskó K.**, Simonné Sarkadi L., Stefanovitsné Bányai É. (2003): A kadmium okozta stressz hatása a búzánövényekre. MKE Analitikai Szakosztály Agrár- és

- Élelmiszeranalitikai Szakcsoport, Agrár- és Élelmiszeranalitikai Nap, Budapest, 2003. december 12. (orális)
7. **Leskó, K.**, L. Simon-Sarkadi, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais (2000): Effects of cadmium and titanium ascorbate on free amino acids in wheat seedlings. 12th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology, Budapest, 2000. Aug. 21-25. (poszter)
 8. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais, L. Simon-Sarkadi (2000): Change of free amino acids and peroxidase activity by cadmium and titanium ascorbate treatments on wheat seedlings. 9th International Trace Elements Symposium “on New perspectives in the research of hardly known trace elements and the importance of the interdisciplinary cooperation” with international participation, Budapest, 2000. Aug. 31.-Sept. 2. (poszter)
 9. Stefanovits-Bányai, É., **K. Leskó**, S. A. Kiss, É. Sárdi, L. Simon-Sarkadi (2000): Effect of cadmium and magnesium on free amino acids in wheat seedlings. 9th International Magnesium Symposium, Vichy (France), 2000. Sept. 10-15. (poszter)
 10. **Leskó, K.**, É. Stefanovits-Bányai, I. Pais, L. Simon-Sarkadi (2000): Effect of cadmium and titanium-ascorbate stress on polyamine content of wheat seedlings, Macro and Trace Elements 20th Workshop, The biological essentiality of macro and trace elements Jena (Germany), 2000. Dec. 1-2. (poszter)
 11. **Leskó, K.**, Stefanovits-Bányai, É. (2001): Changes of peroxidase enzyme activities of five Hungarian grapevine cultivars in different phenological phases. 9th International Conference of Horticulture. Lednice (Czech Republic), 2001. Sept. 3-6. (poszter)
 12. Simon-Sarkadi, L., G. Kocsy, **K. Leskó**, Á. Várhegyi, Z. Végh (2003): Investigation of the effect of drought stress on polyamine accumulation in soybean by OPLC. Planar Chromatography 2003 In honour of Prof. Dr. E. Tyihák on the occasion of his 70th birthday, Budapest (Hungary), 2003. June 21-23. (poszter)
 13. Stefanovits-Bányai, É., **K. Leskó** (2000): Preliminary experiments on the changing of grapevine peroxidase enzyme activity by pesticide treatments, Lippay János és Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2000. nov. 5-6. (poszter)
 14. **Leskó, K.**, Stefanovits-Bányai, É., Simon-Sarkadi, L. (2002): Effect of magnesium on free amino acid and polyamine content in wheat seedling exposed to cadmium stress. 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, Szeged (Hungary), 2002. June 24-27. (poszter)
 15. **Leskó K.**, M. Fodor, A. Hegedűs, É. Stefanovits-Bányai, L. Simon-Sarkadi (2003): Investigation of zirconium treated wheat seedlings by amino acid analyser. 5th Balaton Symposium on high-performance separation methods, Siófok (Hungary), 2003. Sept. 3-5. (poszter)
 16. Stefanovits-Bányai É., **Leskó K.** (2003): Azonos termőhelyről származó szőlőfajták peroxidáz enzimaktivitásának változása a különböző fenológiai fázisokban, Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003. nov. 6-7. (poszter)
 17. **Leskó K.**, Simon-Sarkadi L., Stefanovits-Bányai É., Galiba G. (2004): A szabad aminosav-tartalom változása különböző stressz-érzékenyséű búzafajtákban nehézfémstressz hatására, Vegyészkonferencia 2004, Balatonföldvár, 2004. június 30-július 2. (poszter)
 18. **Leskó K.**, Simon-Sarkadi L., Stefanovits-Bányai É., Végh Z., Galiba G. (2004): A kadmiumstressz okozta poliamin-tartalom változásának nyomon követése

búzanövényekben OPLC-vel, Elválasztástudományi Vándorgyűlés 2004 in memoriam Horváth Csaba, Hévíz, 2004. szeptember 22-24. (poszter)

19. **Leskó K.**, Hegedűs A., Stefanovitsné Bányai É., Simonné Sarkadi L., Galiba G. (2004): Antioxidáns enzimek aktivitásváltozása eltérő szárazságtűrésű búzanövényekben kadmiumstressz hatására, 11th Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, Hungary 2004. szeptember 27. (poszter)